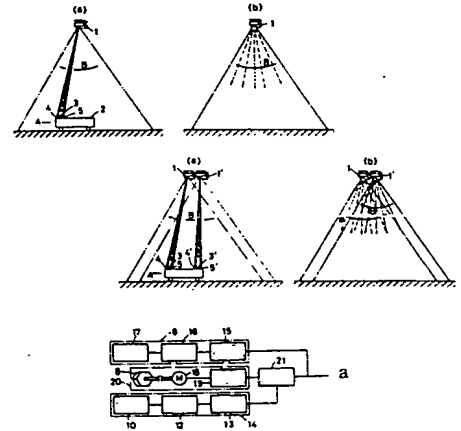


(54) TRACKING GUIDANCE AND INFORMATION TRANSMITTER OF GROUND RUNNING BODY BY OPTICAL BEAM

(11) 61-32118 (A) (43) 14.2.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 59-155912 (22) 24.7.1984
 (71) FUJI SHARYO K.K. (72) KUNIO NISHIMURA
 (51) Int. Cl. G05D1/02

PURPOSE: To irradiate optical beam by controlling a light beam scanning means based on the state change in the presence or absence of an extreme time of a reflected light beam detection signal by a scanning control logical circuit so as to track exactly the ground running body.

CONSTITUTION: Even when a reflection light beam detecting means 14 of a projector 1 detects the 1st reflected light beam from reflecting means 4, 5 of a ground running body 2, a light beam scanner 20 keeps the scanning of light beam as it is and when the 2nd reflection light beam is detected within a prescribed short time after the reflected light beam is lost, the scanning so far is stopped and the scanning is switched to the tracking scanning. When the reflected light beam from the reflecting means 4 at the front side of a photodetecting means 3 is detected, the scanning is stopped and the ground running body 2 keeps running in the direction shown in the arrow A, the light beam irradiates only the photodetection means 3. The scanning in the direction as the scanning direction command is restarted at this moment and he reflected light beam from the reflecting means 4 is detected by a reflected light beam detection means 14, resulting that the scanning of the light beam is stopped immediately.



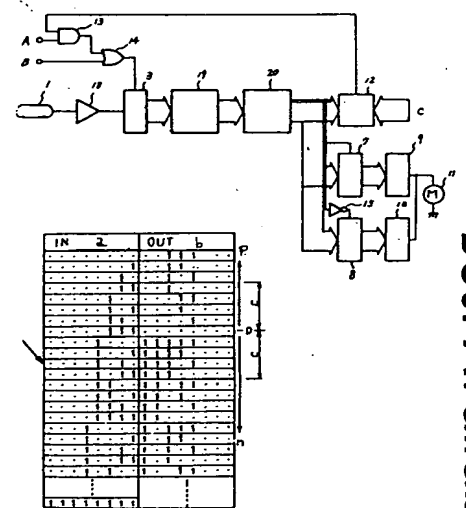
10: photodetector, 12: filter, 13: amplifier, 15: communication control circuit, 16: modulation circuit, 17: light beam generating device, 19: drive control circuit, 21: scanning control logical circuit, a: from central controller

(54) POSITIONING CONTROLLER

(11) 61-32119 (A) (43) 14.2.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 59-152953 (22) 25.7.1984
 (71) HITACHI LTD (72) ETSURO WATANABE(1)
 (51) Int. Cl. G05D3/12

PURPOSE: To cope with a mobile means of every characteristic by writing a moving amount of a storage element in advance, giving a mobile data using an output obtained from a detector as an address so as to position a semiconductor wafer, etc., thereby varying easily the mobile amount.

CONSTITUTION: The moving amount to an output of a detector 1 is stored in memories 19, 20. When an output of an A/D converter 3 is "00000101", an output (distance from an object position) of the memory 19, is e.g., "00001010", this value is an address to the memory 20 and the output (moving amount) therefrom is "11101000". Since the moving direction is decided negative when the MSB is set to "1" and positive when not, the state is divided by tri-state buffers 7, 8, the result is given to a driver 9 or 10 to drive the motor 11. If a permissible value C is not satisfied, a signal from a comparator 12 and a moving end signal A are ANDed, a conversion signal is given to the A/D converter 3 and the operation as above is repeated until the permissible value C is satisfied.



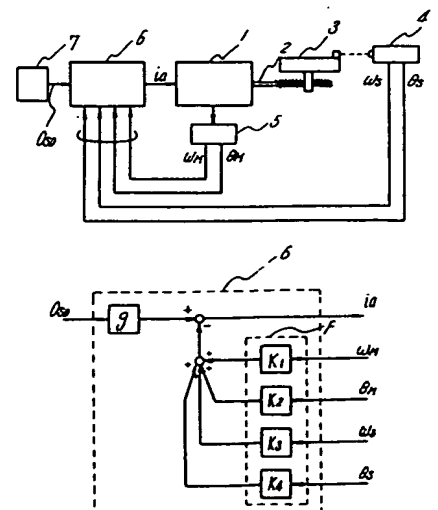
a: address, b: data, p: positive, n: negative

(54) POSITIONING CONTROL SYSTEM

(11) 61-32120 (A) (43) 14.2.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 59-153061 (22) 25.7.1984
 (71) HITACHI LTD (72) RYOZO MASAKI(3)
 (51) Int. Cl. G05D3/12, G05B11/32

PURPOSE: To attain positioning without vibration by deciding the feedback gain so that the transfer function of the control system is expressed with a product of 1st-order delay elements while taking notice that the characteristic such as overshoot and response time are clarified from the transfer function of the control system in the positioning characteristic of the control system.

CONSTITUTION: A motor 1 is driven, a drive shaft is turned to position an XY state 3, and the stage position θ and state speed ω_s of the XY stage 3 are detected by a stage detector 4. Further, a motor position θ_M and motor speed ω_M are detected by a motor detector 5 and the four detected state variables X are fed back to a position control circuit 6. The position control circuit 6 uses a position command θ_{so} given from a position command circuit 7 and the feedback state X to apply positioning control operation so as to decide a motor current i_a inputted to the motor 1. Further, the transfer function of the XY stage 3 is selected as the 2nd order delay system including the vibrating system.



Best Available Copy

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-32120

⑬ Int. Cl.⁴

G 05 D 3/12
G 05 B 11/32

識別記号

庁内整理番号

7623-5H
F-7740-5H

⑭ 公開 昭和61年(1986)2月14日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 位置決め制御方式

⑯ 特 願 昭59-153061

⑰ 出 願 昭59(1984)7月25日

⑱ 発 明 者 正 木 良 三 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
⑲ 発 明 者 大 前 力 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
⑳ 発 明 者 藤 井 憲 勝田市市毛882番地 株式会社日立製作所那珂工場内
㉑ 発 明 者 斉 藤 勉 勝田市市毛882番地 株式会社日立製作所那珂工場内
㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
㉓ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外2名

明 細 書

発明の名称 位置決め制御方式

特許請求の範囲

1. 位置指令回路から与えられる目標位置に位置決めする移動体と、この移動体を駆動するモータと、前記移動体および前記モータの速度、位置の状態を検出する検出回路と、この検出回路から得られた前記状態のフィードバック量と前記目標位置のフィードフォワード量とにより、前記モータの入力を決定する位置決め制御回路とを備え、前記モータと前記移動体との間に振動系を含むものにおいて、前記目標位置から前記移動体の位置への伝達関数が1次遅れの形で表されるように前記フィードバック量のゲインおよび前記フィードフォワード量のゲインを選択することを特徴とする位置決め制御方式。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は振動系を含む移動体を高速で高精度に位置決めする位置決め制御方式に関する。

〔発明の背景〕

投影露光装置におけるXYステージのように、高速に位置決めする必要がある移動体では、その制御系に含まれている振動成分が制御特性に及ぼす影響が大きい。そこで、この振動を抑制する位置決め制御方式として、例えば、特開昭57-71281号公報に示されるように、移動体の速度、位置等の複数個の状態量を検出し、これら状態量をフィードバックすることにより最適に制御する方法が知られている。この方法によれば、複数個の状態量を用いて決められた評価関数を最小にするように制御するため、その評価関数の下で最適な制御を行うことができる。しかし、位置決めの際に問題となる応答速度、オーバーシュート等の特性と評価関数との関係が把握しにくいので、試行錯誤的に評価関数を決める必要があった。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、複数個の状態量のフィードバックゲインを最適に選ぶことにより、移動体の振動を伴うことなく高速に位置決めすることができ

る位置決め制御方式を提供することにある。

〔発明の概要〕

本発明は、制御系の位置決め特性においてオーバーシュート量や応答時間等の特性が制御系の伝達関数から明らかになることに着目し、制御系の伝達関数が1次遅れの形で表されるように、フィードバックゲインを決定することにより、振動を伴うことなく位置決めを行うものである。

本発明の最も好適な実施例によれば、モータ速度、モータ位置、移動体の速度並びに移動体の位置を状態量としてフィードバックし、これらのフィードバックゲインを用いて制御系の伝達関数が4重根になるように制御することにより、モータと移動体の間に存在する振動系の振動を抑制するように構成されている。

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面により説明する。

第1図は移動体としてXYステージを用いた場合の位置決め装置の一実施例であり、モータ1を駆動し、駆動軸2を回転させることにより、XY

ステージ3を位置決めするようになっている。このXYステージ3のステージ位置 θ_s およびステージ速度 ω_s はステージ検出器4により検出される。また、モータ位置 θ_m およびモータ速度 ω_m はモータ検出器5で検出される。これらの検出された4つの状態量Xは位置決め制御回路6にフィードバックされる。この位置決め制御回路6では、位置指令回路7から与えられる位置指令 θ_d とフィードバックされた状態Xとを用いて位置決め制御演算を行い、モータ1に入力するモータ電流 i_s を決定している。

モータ1、駆動軸2およびXYステージ3の等価ブロック図を第2図に示す。

第2図ではモータ1は電流駆動として記述しているが、電圧駆動でも電流制御を高速にすることによりほぼ電流駆動とみなすことができる。また、XYステージ3の伝達関数は振動系を含む2次遅れ系としている。さらに、第3図に位置決め制御回路6の具体的な実施例を示している。この位置決め制御回路6は、特開昭57-71281号公報

に示されているように、従来の状態フィードバックによる制御方式と同様に構成されている。しかし、フィードバックゲインの決定方法が異なる。従来のフィードバックゲインは決められた評価関数Jを最小にするように決定していた。例えば、特開昭57-71281号公報の例では、指令と出力との偏差 $r(K) - y(K)$ および入力の変化量 $u(K) - u(K-1)$ を用いて

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} \{ [r(K) - y(K)]^2 + W[u(K) - u(K-1)]^2 \} \quad \dots\dots\dots (1)$$

という評価関数を定めていた。この式(1)では、重み係数Wによつて入力の変化量 $u(K) - u(K-1)$ を小さくしながら、指令と出力との偏差 $r(K) - y(K)$ を短時間で小さくすることを目的としている。そのため、第(1)式の結果を最小にするようにフィードバックゲインを決定すれば、この目的に対して最適な制御ができる。このように、従来の状態フィードバックによる制御は現代制御理論における評価関数からフィードバックゲインを決定する

のが一般的であつた。しかし、高精度の位置決め制御においては最も重要になるオーバーシュート量の評価関数の関係が把握できにくい。

そこで本発明では、まず、現代制御理論における状態変数の概念を導入すれば、第2図においてモータ速度 ω_m 、モータ位置 θ_m 、ステージ速度 ω_s 並びにステージ位置 θ_s を状態変数とすることができる。このとき、モータ電流 i_s を入力 u に対しステージ位置 θ_s を出力 y にすると、第2図における状態方程式は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} X &= A X + B u \\ y &= C X \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、入力 $u = i_s$ 、出力 $y = \theta_s$

$$\text{状態 } X = \begin{pmatrix} \omega_m \\ \theta_m \\ \omega_s \\ \theta_s \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} -B_m/J_m - K_s/J_m & 0 & K_s/J_m \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_s/J_s - B_s/J_s - K_s/J_s \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} K_1/J_M \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]$$

いま、第2図および第3図において、位置指令 θ_0 からステージ位置 θ_1 への伝達関数 $H_{FO}(S)$ を

$$H_{FO}(S) = \frac{\beta_0}{S^4 + \alpha_1 S^3 + \alpha_2 S^2 + \alpha_3 S + \alpha_4} \quad \dots (3)$$

とするためには、板配置問題から公知のように、フィードバックゲイン行列 F およびフィードフォワードゲイン g を次式のように選べばよい。

$$g = \beta_0 [CA^3 B]^{-1} \quad \dots (4)$$

$$F = g(CA^4 + \alpha_1 CA^3 + \alpha_2 CA^2 + \alpha_3 CA + \alpha_4 C) \quad \dots (5)$$

ただし、 $F = [K_1 \ K_2 \ K_3 \ K_4]$

そこで、(3)式において、伝達関数 $H_{FO}(S)$ が1次遅れの積

$$H_{FO}(S) = \frac{\omega_1^4}{\prod_{i=1}^4 (S + \omega_i)} \quad \dots (6)$$

で示されるように、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_0$ を決定し、フィードフォワードゲイン g およびフィードバックゲイン行列 F をそれぞれ(4)、(5)式で与える。このことが本発明の特徴である。これにより、振動系を含むXYテーブルを振動することなく位置決めすることができる。従つて、従来の状態フィードバックによる制御では注目されていなかった伝達関数 $H_{FO}(S)$ を用いて振動なく制御する点が従来と異なる。

具体的には、例えば第(6)式を

$$H_{FO}(S) = \frac{\omega_1^4}{(S + \omega_1)^4} \quad \dots (7)$$

とするためには、第(4)、第(5)式よりフィードフォワードゲイン g およびフィードバックゲイン行列 F を

$$g = \frac{J_M J_M \omega_1^4}{K_M K_1} \quad \dots (8)$$

$$F^T = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{bmatrix} = \frac{J_M}{K_1} \begin{bmatrix} 4\omega_1 - \frac{B_M}{J_M} - \frac{B_1}{J_1} \\ 6\omega_1^2 - \frac{K_2}{J_M} - \frac{K_3}{J_1} - \frac{B_1}{J_1} (4\omega_1 - \frac{B_1}{J_1}) \\ 4\omega_1^3 \frac{J_2}{K_2} - 6\omega_1^2 \frac{B_2}{K_2} - 4\omega_1 (1 - \frac{B_2^2}{K_2 J_2}) - \frac{B_2}{J_1} (\frac{B_1^2}{J_1 K_2} - 2) \\ \omega_1^4 \frac{J_3}{K_3} - 6\omega_1^3 \frac{B_3}{J_3} + \frac{B_3}{J_1} (4\omega_1 - \frac{B_1}{J_1}) + \frac{K_2}{J_M} + \frac{K_3}{J_1} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

(ただし、 F^T は F の転置行列を示す)。

で与えられよう。

このように実施例によれば、振動することなく安定にXYステージ3を制御できるので、静止摩擦やバンプクラッシュの影響を受けず、高精度の位置決めを短時間で行うことができる。

なお、この例では1つの振動系を有するXYステージに適用したが、複数の振動系を有する制御系にも利用できる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、振動系を含む被制御対象を振動なく制御できるので、高速にしかも高精度に位置決めできる効果がある。

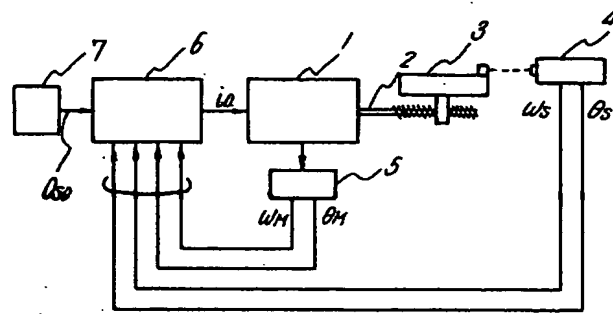
図面の簡単な説明

第1図は本発明による位置決め装置の一実施例を示すブロック図、第2図はモータおよび被制御対象の一例を示すブロック図、第3図は位置決め制御回路の一実施例を示す構成図である。

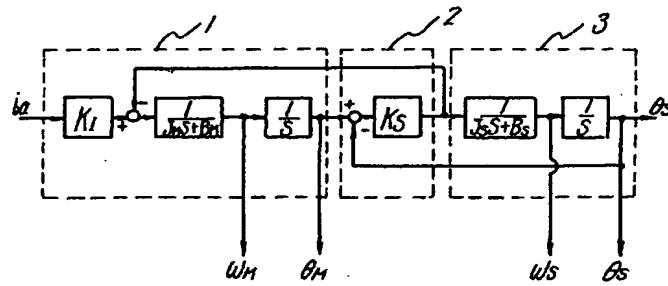
1…モータ、2…駆動軸、3…XYステージ、4…ステージ検出器、5…モータ検出器、6…位置決め制御回路、7…位置指令回路。

代理人 弁理士 高橋明夫

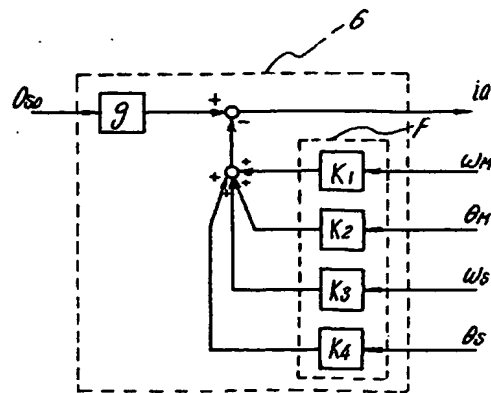
第 1 図



第 2 図



第 3 図



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-032120

(43)Date of publication of application : 14.02.1986

(51)Int.Cl. G05D 3/12
G05B 11/32

(21)Application number : 59-153061

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.07.1984

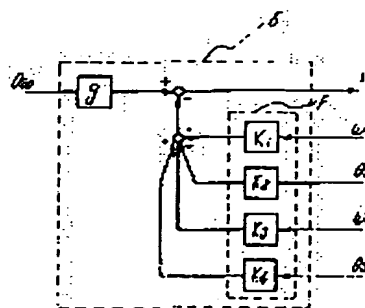
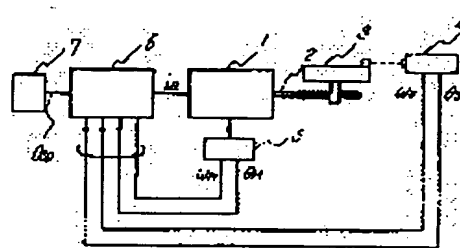
(72)Inventor : MASAKI RYOZO
OMAE TSUTOMU
FUJII KEN
SAITOU TSUTOMU

(54) POSITIONING CONTROL SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To attain positioning without vibration by deciding the feedback gain so that the transfer function of the control system is expressed with a product of 1st-order delay elements while taking notice that the characteristic such as overshoot and response time are clarified from the transfer function of the control system in the positioning characteristic of the control system.

CONSTITUTION: A motor 1 is driven, a drive shaft is turned to position an XY state 3, and the stage position θ and state speed ω_s of the XY stage 3 are detected by a stage detector 4. Further, a motor position θ_M and motor speed ω_M are detected by a motor detector 5 and the four detected state variables X are fed back to a position control circuit 6. The position control circuit 6 uses a position command θ_{s0} given from a position command circuit 7 and the feedback state X to apply positioning control operation so as to decide a motor current i_a inputted to the motor 1. Further, the transfer function of the XY stage 3 is selected as the 2nd order delay system including the vibrating system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

THIS PAGE LEFT BLANK

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-32120

⑤ Int.Cl.⁴G 05 D 3/12
G 05 B 11/32

識別記号

庁内整理番号

7623-5H
F-7740-5H

④ 公開 昭和61年(1986)2月14日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑬ 発明の名称 位置決め制御方式

⑰ 特 願 昭59-153061

⑱ 出 願 昭59(1984)7月25日

⑲ 発 明 者 正 木 良 三 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発 明 者 大 前 力 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発 明 者 藤 井 憲 勝田市市毛882番地 株式会社日立製作所那珂工場内

⑲ 発 明 者 斉 藤 勉 勝田市市毛882番地 株式会社日立製作所那珂工場内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑲ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外2名

明 細 書

発明の名称 位置決め制御方式

特許請求の範囲

1. 位置指令回路から与えられる目標位置に位置決めする移動体と、この移動体を駆動するモータと、前記移動体および前記モータの速度、位置の状態を検出する検出回路と、この検出回路から得られた前記状態のフィードバック量と前記目標位置のフィードフォワード量とにより、前記モータの入力を決定する位置決め制御回路とを備え、前記モータと前記移動体との間に振動系を含むものにおいて、前記目標位置から前記移動体の位置への伝達関数が1次遅れの形で表されるように前記フィードバック量のゲインおよび前記フィードフォワード量のゲインを選択することを特徴とする位置決め制御方式。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は振動系を含む移動体を高速で高精度に位置決めする位置決め制御方式に関する。

〔発明の背景〕

投影露光装置におけるXYステージのように、高速に位置決めする必要がある移動体では、その制御系に含まれている振動成分が制御特性に及ぼす影響が大きい。そこで、この振動を抑制する位置決め制御方式として、例えば、特開昭57-71281号公報に示されるように、移動体の速度、位置等の複数個の状態量を検出し、これら状態量をフィードバックすることにより最適に制御する方法が知られている。この方法によれば、複数個の状態量を用いて決められた評価関数を最小にするように制御するため、その評価関数の下で最適な制御を行うことができる。しかし、位置決めの際に問題となる応答速度、オーバーシュート等の特性と評価関数との関係が把握しにくいとため、試行錯誤的に評価関数を決める必要があった。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、複数個の状態量のフィードバックゲインを最適に選ぶことにより、移動体の振動を伴うことなく高速に位置決めすることができ

る位置決め制御方式を提供することにある。

[発明の概要]

本発明は、制御系の位置決め特性においてオーバーシュート量や応答時間等の特性が制御系の伝達関数から明らかになることに着目し、制御系の伝達関数が1次遅れの積で表されるように、フィードバックゲインを決定することにより、振動を伴うことなく位置決めを行うものである。

本発明の最も好適な実施例によれば、モータ速度、モータ位置、移動体の速度並びに移動体の位置を状態量としてフィードバックし、これらのフィードバックゲインを用いて制御系の伝達関数が4重根になるように制御することにより、モータと移動体の間に存在する振動系の振動を抑制するように構成されている。

[発明の実施例]

以下、本発明の一実施例を図面により説明する。

第1図は移動体としてXYステージを用いた場合の位置決め装置の一実施例であり、モータ1を駆動し、駆動軸2を回転させることにより、XY

ステージ3を位置決めするようになっている。このXYステージ3のステージ位置 θ_s およびステージ速度 ω_s はステージ検出器4により検出される。また、モータ位置 θ_m およびモータ速度 ω_m はモータ検出器5で検出される。これらの検出された4つの状態量Xは位置決め制御回路6にフィードバックされる。この位置決め制御回路6では、位置指令回路7から与えられる位置指令 θ_{ss} とフィードバックされた状態Xとを用いて位置決め制御演算を行い、モータ1に inputsするモータ電流 i_s を決定している。

モータ1、駆動軸2およびXYステージ3の等価ブロック図を第2図に示す。

第2図ではモータ1は電流駆動として記述しているが、電圧駆動でも電流制御を高速にすることによりほぼ電流駆動とみなすことができる。また、XYステージ3の伝達関数は振動系を含む2次遅れ系としている。さらに、第3図に位置決め制御回路6の具体的な実施例を示している。この位置決め制御回路6は、特開昭57-71281号公報

に示されているように、従来の状態フィードバックによる制御方式と同様に構成されている。しかし、フィードバックゲインの決定方法が異なる。従来のフィードバックゲインは決められた評価関数Jを最小にするように決定していた。例えば、特開昭57-71281号公報の例では、指令と出力との偏差 $r(K) - y(K)$ および入力の変化量 $u(K) - u(K-1)$ を用いて

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} \{ (r(K) - y(K))^2 + W(u(K) - u(K-1))^2 \} \quad \dots\dots\dots (1)$$

という評価関数を定めていた。この次(1)式では、重み係数Wによつて入力の変化量 $u(K) - u(K-1)$ を小さくしながら、指令と出力との偏差 $r(K) - y(K)$ を短時間で小さくすることを目的としている。そのため、第(1)式の結果を最小にするようにフィードバックゲインを決定すれば、この目的に対して最適な制御ができる。このように、従来の状態フィードバックによる制御は現代制御理論における評価関数からフィードバックゲインを決定する

のが一般的であつた。しかし、高精度の位置決め制御においては最も重要になるオーバーシュート量の評価関数の関係が把握できにくい。

そこで本発明では、まず、現代制御理論における状態変数の概念を導入すれば、第2図においてモータ速度 ω_m 、モータ位置 θ_m 、ステージ速度 ω_s 並びにステージ位置 θ_s を状態変数とすることができる。このとき、モータ電流 i_s を入力uに対しステージ位置 θ_s を出力yにすると、第2図における状態方程式は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} X &= A X + B u \\ y &= C X \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、入力 $u = i_s$ 、出力 $y = \theta_s$

$$\text{状態 } X = \begin{bmatrix} \omega_m \\ \theta_m \\ \omega_s \\ \theta_s \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} -B_m/J_m - K_s/J_m & 0 & K_s/J_m \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_s/J_s - B_s/J_s - K_s/J_s \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} K_1 / J_M \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

いま、第2図および第3図において、位置指令 θ_s からステージ位置 θ_s への伝達関数 $H_{ro}(S)$ を

$$H_{ro}(S) = \frac{\beta_0}{S^4 + \alpha_1 S^3 + \alpha_2 S^2 + \alpha_3 S + \alpha_4} \quad \dots (3)$$

とするためには、極配置問題から公知のように、フィードバックゲイン行列 F およびフィードフォワードゲイン g を次式のように選べばよい。

$$g = \beta_0 [CA^3 B]^{-1} \quad \dots (4)$$

$$F = g(CA^4 + \alpha_1 CA^3 + \alpha_2 CA^2 + \alpha_3 CA + \alpha_4 C) \quad \dots (5)$$

ただし、 $F = [K_1 \ K_2 \ K_3 \ K_4]$

そこで、(3)式において、伝達関数 $H_{ro}(S)$ が1次遅れの積

$$g = \frac{J_s J_M \omega_s^4}{K_s K_I} \quad \dots (8)$$

$$F^T = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{bmatrix} = \frac{J_M}{K_I} \begin{bmatrix} 4\omega_s - \frac{B_M}{J_M} - \frac{B_s}{J_s} \\ 6\omega_s^2 - \frac{K_s}{J_M} - \frac{K_s}{J_s} - \frac{B_s}{J_s} \left(4\omega_s - \frac{B_s}{J_s}\right) \\ 4\omega_s^3 \frac{J_s}{K_s} - 6\omega_s^2 \frac{B_s}{K_s} - 4\omega_s \left(1 - \frac{B_s^2}{K_s J_s}\right) - \frac{B_s}{J_s} \left(\frac{B_s^2}{J_s K_s} - 2\right) \\ \omega_s^4 \frac{J_s}{K_s} - 6\omega_s^2 + \frac{B_s}{J_s} \left(4\omega_s - \frac{B_s}{J_s}\right) + \frac{K_s}{J_M} + \frac{K_s}{J_s} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

(ただし、 F^T は F の転置行列を示す)。

で与えればよい。

このように実施例によれば、振動することなく安定にXYステージ3を制御できるので、静止摩擦やバックラッシュの影響を受けず、高精度の位置決めを短時間で行うことができる。

なお、この例では1つの振動系を有するXYステージに適用したが、複数の振動系を有する制御系にも利用できる。

$$H_{ro}(S) = \frac{1}{\prod_{i=1}^4 (S + \omega_i)} \quad \dots (6)$$

で示されるように、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_0$ を決定し、フィードフォワードゲイン g およびフィードバックゲイン行列 F をそれぞれ(4)、(5)式で与える。このことが本発明の特徴である。これにより、振動系を含むXYテーブルを振動することなく位置決めすることができる。従つて、従来の状態フィードバックによる制御では注目されていなかった伝達関数 $H_{ro}(S)$ を用いて振動なく制御する点が従来と異なる。

具体的には、例えば第(6)式を

$$H_{ro}(S) = \frac{\omega_s^4}{(S + \omega_s)^4} \quad \dots (7)$$

とするためには、第(4)、第(5)式よりフィードフォワードゲイン g およびフィードバックゲイン行列 F を

〔発明の効果〕

本発明によれば、振動系を含む被制御対象を振動なく制御できるので、高速にしかも高精度に位置決めできる効果がある。

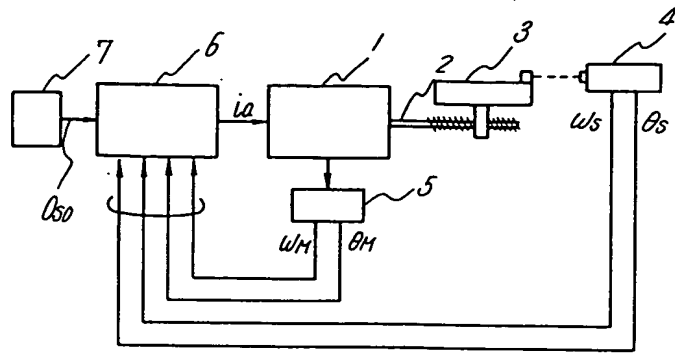
図面の簡単な説明

第1図は本発明による位置決め装置の一実施例を示すブロック図、第2図はモータおよび被制御対象の一例を示すブロック図、第3図は位置決め制御回路の一実施例を示す構成図である。

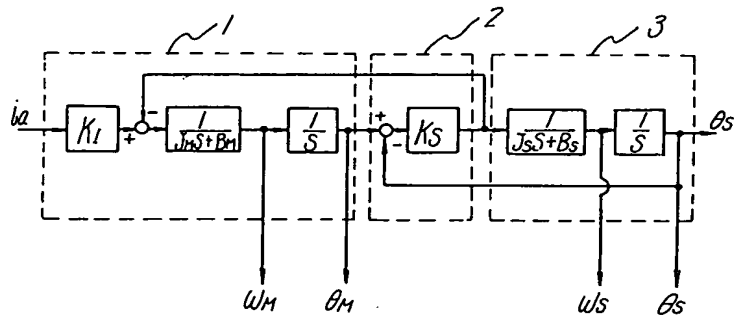
1…モータ、2…駆動軸、3…XYステージ、4…ステージ検出器、5…モータ検出器、6…位置決め制御回路、7…位置指令回路。

代理人 弁理士 高橋明夫

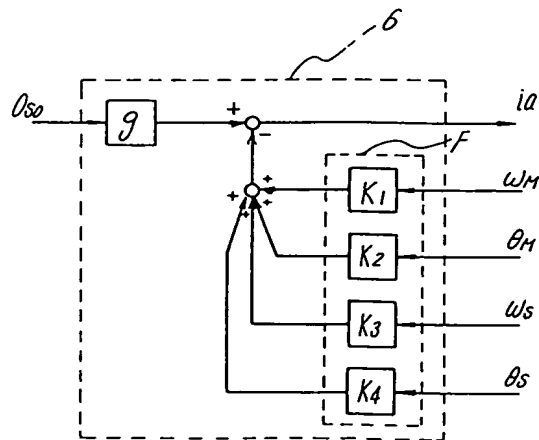
第 1 図



第 2 図



第 3 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.